产蛋高峰期临武鸭苏氨酸需要量[1]

黄　璇[1,2]　李　闯[1,2]　蒋桂韬[1,2,3]　张　旭[1,2,3]　胡　艳[1]　王向荣[1,2,3]　戴求仲[1,2,3*]

（1.湖南省畜牧兽医研究所动物营养与饲养技术研究室，长沙 410131；2.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128；3.中国农业科学院麻类研究所，长沙 410205）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中苏氨酸水平对30~38周龄临武鸭产蛋性能、蛋品质和血清生化指标的影响，以确定临武鸭产蛋高峰期的苏氨酸需要量。试验选取体重相近，健康状况良好、产蛋率无显著差异（P>0.05）的临武鸭200只，随机分为5组，每组5个重复，每个重复8只鸭。各组饲粮中苏氨酸水平分别为0.55%、0.60%、0.65%、0.70%和0.75%。试验期63 d。结果表明：1）0.65%苏氨酸水平组的料蛋比显著低于0.55%苏氨酸水平组（P<0.05）。饲粮中苏氨酸水平对平均日采食量、产蛋率、平均蛋重和日产蛋量均无显著影响（P>0.05）。2）0.65%、0.70%和0.75%苏氨酸水平组的蛋白高度和哈氏单位显著高于0.55%苏氨酸水平组（P<0.05）。饲粮中苏氨酸水平对蛋形指数、蛋壳厚度、蛋黄色泽、蛋黄比例、蛋壳比例和蛋白比例均无显著影响（P>0.05）。3）0.70%苏氨酸水平组血清中总蛋白含量显著高于0.55%苏氨酸水平组（P<0.05）。0.65%苏氨酸水平组血清中谷丙转氨酶活性显著高于0.55%苏氨酸水平组（P<0.05）。0.65%、0.70%和0.75%苏氨酸水平组血清中尿素氮含量显著低于0.55%和0.60%苏氨酸水平组（P<0.05）。饲粮中苏氨酸水平对血清中白蛋白、总胆固醇、甘油三酯、尿酸、肌酐含量及碱性磷酸酶、谷草转氨酶活性无显著影响（P>0.05）。4）二次曲线分析结果表明，分别以料蛋比和血清尿素氮含量为评价指标，产蛋高峰期临武鸭苏氨酸需要量分别为0.67%和0.69%。由此可见，饲粮中适宜水平的苏氨酸能够提高临武鸭产蛋性能、蛋品质和机体蛋白质利用率。综合这些指标，产蛋高峰期（30~38周龄）临武鸭饲粮中苏氨

收稿日期：2017-03-10
基金项目：国家水禽产业技术体系建设专项资金（CARS-43-39）；中国农业科学院农业科学与技术创新工程专项资金（ASTIP-IBFC02）；湖南畜禽安全生产协同创新中心专项资金（CICAPS）
作者简介：黄　璇（1986-），女，湖南浏阳人，助理研究员，从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail：409097385@qq.com
*通信作者：戴求仲，研究员，博士生导师，E-mail： daiqiuzhong@gmail.com

酸适宜水平为0.67%~0.69%。

关键词：苏氨酸；临武鸭；需要量；血清生化指标

中图分类号：S834

近年来，畜禽饲粮中必需氨基酸的适宜添加量成为了诸多学者研究热点。苏氨酸作为玉米-豆粕型饲粮中继蛋氨酸和赖氨酸之后的第三限制性氨基酸[1]，具有促进生长、增强机体免疫力等生物学功能[2]，因此其逐渐成为影响家禽生产性能的限制性因素。研究表明，饲粮中适宜的苏氨酸水平能够促进氨基酸平衡，提高饲料利用率和蛋白质沉积，减少氮排放[3]。Niemeyer[4]研究表明，饲粮中苏氨酸水平为0.76%时，能够显著提高42周龄商品蛋鸡产蛋性能，且能够降低其对粗蛋白质的需要量。刘国花等[5]报道，低蛋白质水平（14.56%）饲粮中苏氨酸水平为0.76%时，56周龄京红1号蛋鸡能够获得最佳产蛋率和饲料利用率。另外，肉鸭饲养标准（2012）中苏氨酸在蛋鸭饲粮中推荐量分别如下：北京鸭种鸭产蛋期（27~70周龄）为0.65%；番鸭和半番鸭产蛋期（27~65周龄）为0.60%；肉蛋兼用型蛋鸭产蛋期（24~70周龄）为0.60%[6]。从上述报道来看，这些研究主要集中于蛋鸡和肉鸡，临武鸭作为优质的肉蛋兼用型地方品种，饲养发展非常迅速，但有关临武鸭苏氨酸的需要量尚未见报道。因此，本试验以产蛋高峰期临武鸭为试验动物，旨在研究饲粮中苏氨酸水平对30~38周龄临武鸭产蛋性能、蛋品质和血清生化指标的影响，为确定其饲粮中适宜苏氨酸水平提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲粮

选取健康状况良好、体重相近、产蛋率无显著差异（P>0.05）的29周龄临武鸭200只，随机分成5组，每组5个重复，每个重复8只鸭。进行为期63 d的饲养试验。试验饲粮中粗蛋白质、代谢能和氨基酸等营养参数均参照临武鸭营养需要标准（2014）[7]，各组试验饲粮组成及营养水平见表1。苏氨酸添加水平梯度为0.05%，各组饲粮中苏氨酸水平分别为

0.55%、0.60%、0.65%、0.70%和 0.75%。蛋鸭采用封闭式鸭舍双层金属笼立体笼养，单笼饲养，试验全期自由采食和饮水（计量不限量），按常规方法进行饲养管理与免疫。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	饲粮苏氨酸水平 Dietary Thr level/%				
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
原料 Ingredients					
玉米 Corn	42.40	42.40	42.40	42.40	42.40
花生仁粕 Peanut meal	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
豆粕 Soybean meal	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
玉米蛋白粉 Corn gluten powder	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
棉籽粕 Cottonseed meal	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
次粉 Wheat middling	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
麦麸 Wheat bran	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60
石粉 Limestone	8.93	8.93	8.93	8.93	8.93
豆油 Soybean oil	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
DL-蛋氨酸 *DL*-Met (98.5%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl (78.5%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-苏氨酸 *L*-Thr (98.5%)		0.05	0.10	0.15	0.20

预混料 Premix[1)]	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89
粗蛋白质 CP	17.60	17.60	17.60	17.60	17.60
钙 Ca	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
总磷 TP	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
有效磷 AP	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
赖氨酸 Lys	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
蛋氨酸 Met	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
苏氨酸 Thr	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 5 000 IU，VB_1 2 mg，VB_2 15 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.02 mg，VD_3 800 IU，VE 20 IU，VK_3 0.5 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.6mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 60 mg，烟酸 nicotinic acid 60 mg，胆碱 choline 1500 mg，抗氧化剂 antioxidant 100 mg，Cu (as copper sulfate) 8 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 50 mg，Zn (as zinc sulfate) 60 mg，I (as potassium iodide) 0.40 mg，Se (as sodium selenite) 0.20 mg。

2) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 测定指标与方法

1.2.1 产蛋性能

试验期间每天按重复记录采食量、产蛋总数、总蛋重、不合格蛋数（包括软壳蛋、破壳

蛋、畸形蛋、沙壳蛋），以组为单位统计平均日采食量、产蛋率、平均蛋重、日产蛋量和料蛋比。

1.2.2　蛋品质

在试验第5周和第9周末从每组抽取接近平均蛋重的鸭蛋15枚（每重复3枚），4 ℃保存，在24 h之内测定蛋黄比例、蛋壳比例、蛋白比例、蛋壳厚度（蛋壳厚度测定仪）、蛋形指数（游标卡尺测量）、蛋黄颜色（蛋黄比色卡）及蛋白高度（蛋白高度测定仪），并计算哈氏单位：

哈氏单位=100×log（H-1.7$W^{0.37}$+7.57）。

式中：H为蛋白高度（mm），W为蛋重（g）。

1.2.3　血清生化指标

在试验结束时，每个重复随机选取体重相近的试验鸭2只，空腹12 h后，翅下静脉采血5 mL，静置40 min后，3 000 r/min离心15 min，分离血清，-20 ℃保存。使用全自动生化分析仪（URIT-8000，优利特，美国）检测血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮、尿酸、肌酐、总胆固醇和甘油三酯含量，采用比色法检测血清中碱性磷酸酶、谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性，试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.3　数据处理

采用SPSS 18.0软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA）和回归分析，结果用“平均值±标准差”（mean±SD）表示，P<0.05为差异显著，差异显著者再进行Duncan氏法多重比较。最后对差异显著的指标，建立测定指标结果与饲粮中苏氨酸水平的线性或曲线回归方程，并通过求导得出曲线回归方程中苏氨酸适宜水平。

2　结　果

2.1　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭产蛋性能的影响

由表 2 可知，饲粮中苏氨酸水平对平均日采食量、产蛋率、平均蛋重和日产蛋重均无显著影响（$P>0.05$）。0.65%苏氨酸水平组的料蛋比显著低于 0.55%苏氨酸水平组（$P<0.05$），但与其他 3 组相比差异不显著（$P>0.05$）。

表 2　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭产蛋性能的影响

Table 2　Effects of dietary Thr level on laying performance of *Linwu* ducks

项目 Items	饲粮苏氨酸水平 Dietary Thr level/% 0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	*P* 值 *P*-value
平均日采食量 ADFI/(g/d)	150.97±5.33	148.10±3.18	148.87±2.54	151.06±3.36	147.92±4.68	0.568
产蛋率 Laying rate/%	79.72±2.05	80.00±3.41	81.22±1.82	81.76±2.65	79.59±2.61	0.598
平均蛋重 Average egg weight/g	69.69±2.20	70.44±1.59	70.41±1.60	70.08±3.61	70.08±1.96	0.991
日产蛋量 Daily egg yield/(g/d)	55.54±1.47	56.32±1.63	57.17±0.70	57.23±1.38	55.78±2.37	0.481
料蛋比 Feed/egg	2.72±0.08[a]	2.63±0.06[ab]	2.62±0.03[b]	2.64±0.08[ab]	2.65±0.06[ab]	0.048

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 饲粮中苏氨酸水平对临武鸭蛋品质的影响

由表 3 可知，饲粮中苏氨酸水平对蛋形指数、蛋壳厚度、蛋黄色泽、蛋黄比例、蛋壳比例和蛋白比例均无显著影响（$P>0.05$）。与 0.55%苏氨酸水平组相比，其他 4 组的蛋白高度分别提高了 8.23%（$P>0.05$），17.20%（$P<0.05$），13.91%（$P<0.05$）和 19.08%（$P<0.05$）。0.60%、0.65%、0.70%和 0.75%苏氨酸水平组的哈氏单位显著高于 0.55%苏氨酸水平组

（*P*<0.05）。

表 3　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭蛋品质的影响

Table 3　Effects of dietary Thr level on egg quality of *Linwu* ducks

项目 Items	饲粮苏氨酸水平 Dietary Thr level/%					*P* 值 *P*-value
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	
蛋形指数 Egg shape index	1.32±0.03	1.35±0.04	1.33±0.05	1.34±0.04	1.30±0.02	0.455
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.377±0.008	0.379±0.019	0.378±0.008	0.387±0.015	0.383±0.013	0.658
蛋黄色泽 Yolk color	9.10±0.89	9.10±0.74	8.88±0.63	9.30±0.45	9.00±0.61	0.596
蛋白高度 Albumen height/mm	6.92±0.76[c]	7.49±0.13[bc]	8.11±0.64[ab]	7.89±0.23[ab]	8.24±0.48[a]	0.002
蛋黄比例 Percentage of yolk/%	33.12±1.74	30.51±1.49	31.37±2.18	30.40±2.27	32.17±3.02	0.256
蛋壳比例 Percentage of eggshell/%	10.86±0.38	11.68±1.10	11.15±0.23	11.40±0.83	10.87±0.44	0.275
蛋白比例 Percentage of albumen/%	56.01±1.73	57.80±2.08	57.48±2.18	58.20±2.25	56.95±3.19	0.598
哈氏单位 Haugh unit	79.68±4.68[b]	83.95±1.42[a]	85.94±3.97[a]	85.68±1.91[a]	87.75±1.95[a]	0.004

2.3　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭血清生化指标的影响

由表 4 可知，血清中总蛋白含量随饲粮中苏氨酸水平的增加呈先升高后降低趋势，其中 0.70%苏氨酸水平组的血清中总蛋白含量显著高于 0.55%苏氨酸水平组（*P*<0.05）。0.65%苏氨酸水平组血清中谷丙转氨酶活性显著高于 0.55%苏氨酸水平组（*P*<0.05）。0.65%、0.70%和 0.75%苏氨酸水平组血清中尿素氮含量显著低于 0.55%和 0.60%苏氨酸水平组（*P*<0.05）。饲粮中苏氨酸水平对血清中白蛋白、总胆固醇、甘油三酯、尿酸、肌酐含量及碱性磷酸酶、谷草转氨酶活性均无显著影响（*P*>0.05）。

表 4　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭血清生化指标的影响

Table 4　Effects of dietary Thr level on serum biochemical indices of *Linwu* ducks

项目 Items	饲粮苏氨酸水平 Dietary Thr level/%					*P* 值 *P*-value
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	
总蛋白 TP/(g/L)	50.80±8.47^{b}	56.80±3.11^{ab}	58.00±4.80^{ab}	60.60±9.79^{a}	59.00±1.87^{ab}	0.043
白蛋白 ALB/(g/L)	23.80±2.17	20.60±2.96	25.25±1.50	24.00±3.46	21.00±5.83	0.224
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	313.40±89.31	292.40±77.44	247.50±56.15	279.60±48.02	244.60±54.98	0.483
谷丙转氨酶 AST/(U/L)	41.40±6.43^{b}	49.00±19.46^{ab}	60.25±6.90^{a}	55.60±13.39^{ab}	55.20±8.96^{ab}	0.046
谷草转氨酶 ALT/(U/L)	41.60±10.06	42.00±10.68	43.00±8.21	46.40±8.38	48.80±6.50	0.673
总胆固醇 TC/(mmol/L)	4.16±0.50	4.36±0.71	3.74±0.46	3.81±1.14	3.81±0.63	0.583
甘油三酯 TG/(mmol/L)	2.81±0.84	3.13±0.70	2.99±0.733	3.04±1.142	2.59±0.79	0.868
尿酸 UA/(μmol/L)	357.60±114.31	349.00±116.64	297.00±88.40	330.20±88.75	313.40±117.78	0.889
尿素氮 UN/(mmol/L)	2.91±0.99^{a}	2.88±0.68^{a}	0.61±0.52^{b}	0.75±0.27^{b}	1.60±1.26^{b}	0.000
肌酐 Cr/(μmol/L)	24.80±6.69	28.00±9.06	26.75±2.63	25.40±7.83	31.00±6.96	0.646

2.4　产蛋高峰期临武鸭苏氨酸的需要量

由表 5 可知，产蛋高峰期临武鸭蛋白高度、哈氏单位和血清总蛋白含量随饲粮中苏氨酸水平增加呈上升趋势（P<0.05）；料蛋比和血清尿素氮含量随饲粮中苏氨酸水平增加呈先升高后降低的二次曲线变化趋势（P<0.05），通过建立二次曲线方程，估测该阶段试验鸭达到最低料蛋比和血清尿素氮含量的饲粮苏氨酸水平分别为 0.67%和 0.69%。

表 5 产蛋高峰期临武鸭苏氨酸的需要量

Table 5　The Thr requirement of *Linwu* ducks in peak laying period

项目 Items	回归公式 Regressive formulas	P 值 P-value		相关系数 R^2	苏氨酸需要量 Thr requirement/%
		线性 Linear	二次曲线 Quadratic		
料蛋比 Feed/egg	y=6.57x^2-8.80x+5.56		0.045	0.870 8	0.67
蛋白高度 Albumen height/mm	y=6.08x+3.78	0.000		0.808 0	
哈氏单位 Haugh unit	y=36.46x+60.83	0.000		0.872 6	
总蛋白 TP/(g/L)	y=40.40x+30.78	0.037		0.723 1	
尿素氮 UN/(mmol/L)	y=119.26x^2-164.51x+57.70		0.006	0.889 2	0.69

3 讨 论

3.1 饲粮中苏氨酸水平对临武鸭产蛋性能和蛋品质的影响

目前有关苏氨酸对蛋鸭产蛋性能影响的研究报道不多见，而对其他家禽的研究结果存在较大差异。有研究认为，低能量饲粮不同苏氨酸添加水平（0.45%~0.65%）对产蛋高峰期海兰褐壳蛋鸡采食量、平均蛋重、料蛋比和破蛋率均无显著影响[8]。周彦文等[9]报道，苏氨酸水平在 0.55%~0.75%内对 1~8 周龄合浦鹅生长性能无显著影响。然而 Martinez 等[10]研究发现，玉米-豆粕型饲粮中苏氨酸水平从 0.47%提高到 0.52%，62~72 周龄伊莎-巴布考克蛋鸡平均蛋重和饲料转化率显著上升，但苏氨酸水平在 0.52%~0.62%内对试验鸡产蛋性能无显著影响。姜宁等[11]研究认为，饲粮中苏氨酸水平为 0.74%时，1~4 周龄鹅生长速度最快，饲料转化率最优，且能够显著提高 5~8 周龄鹅采食量。这可能是家禽的生长阶段、品种、饲粮组成和粗蛋白质水平等不同所引起的。本研究发现，饲粮 0.65%苏氨酸水平能够显著降低料蛋比，改善饲料利用效率，这一结果与 Yamazaki 等[12]的研究结果相似。

蛋品质决定蛋的新鲜度，通常用蛋白高度、哈氏单位等指标来反映蛋品质，一般认为哈

氏单位越大，货架期越长[13]，且蛋白高度与哈氏单位存在正相关[14]。田冬冬等[8]和 Okazaki 等[15]的研究认为，饲粮中苏氨酸在 0.45%~0.65%内对蛋鸡蛋品质无显著影响。但本试验结果显示，饲粮中苏氨酸水平可显著影响蛋白高度和哈氏单位，与刘国花等[5]研究结果一致，原因可能是在饲粮中添加适宜水平苏氨酸使得饲粮氨基酸组成趋于平衡，提高蛋白质利用率，促进蛋白质在鸭蛋中的沉积。

3.2　饲粮中苏氨酸水平对临武鸭血清生化指标的影响

机体蛋白质代谢包括合成代谢和分解代谢，血清中总蛋白和白蛋白是反映肝脏蛋白质合成能力、动物对饲粮蛋白质的利用率等的重要指标，而血清中尿酸和尿酸氮作为机体蛋白质和氨基酸代谢的终产物，一般认为血清中二者含量越高，蛋白质利用率越低[16]。苏氨酸作为动物体内必需氨基酸，其对蛋白质合成、尿酸形成等代谢过程起重要作用[17]。本试验中，随饲粮中苏氨酸水平升高，试验鸭血清中总蛋白含量呈线性上升趋势，且 0.70%苏氨酸水平组显著高于 0.55%苏氨酸水平组。苏氨酸水平高于 0.65%时，显著降低了血清尿素氮含量，与姜宁[18]在 1~8 周龄扬州鹅上的研究结果基本一致。血清中谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性，可反映 α-丙酮转化为 α-氨基酸的速度；二者活性越高说明蛋白质的合成和沉积量越多[9]。王红梅等[19]报道，试验鸡血清中谷丙转氨酶活性随苏氨酸水平升高呈上升趋势，而 0.64%苏氨酸水平组血清中谷草转氨酶活性显著高于 0.49%和 0.55%苏氨酸水平组。在本试验中，饲粮苏氨酸水平在 0.65~0.75%内，可提高血清中谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性，说明饲粮中苏氨酸水平可影响机体蛋白质代谢，具体机理还有待进一步研究。

3.3　产蛋高峰期临武鸭苏氨酸需要量

目前关于家禽的苏氨酸需要量的研究主要集中在鸡上，诸多研究结果给出苏氨酸推荐量范围，肉仔鸡 0.68%~0.79%[19]，蛋鸡 0.58%~0.75%[20~22]。Maqbool[23]依据折线模型，分别以

平均日采食量、平均日增重、胸肌率为评价指标，得出低蛋白质饲粮中生长前期北京鸭苏氨酸需要量为 0.54%、0.54%、0.50%，而高蛋白质饲粮中苏氨酸需要量为 0.62%、0.61%、0.61%。郭峰等[24]通过二次曲线模型，以平均日增重、平均日采食量、绒羽长为评价指标，得出生长前期北京鸭苏氨酸需要量分别为 0.794%、0.733%、0.790%。张丽等[25]在高蛋白质水平（20%）饲粮中，以平均日采食量和平均日增重为评价指标，通过二次曲线模型分析表明，1~14 日龄北京鸭苏氨酸需要量分别为 0.688%和 0.737%。目前关于蛋鸭苏氨酸需要量的研究尚未见报道，在本试验中，料蛋比、蛋白高度、哈氏单位及血清中总蛋白和尿素氮含量可敏感反映试验鸭体内苏氨酸的营养状况，但其中只有料蛋比和血清尿素氮含量适合建立二次曲线模型，通过二次曲线拟合求导得出 30~38 周龄临武鸭苏氨酸需要量为 0.67%和 0.69%。这一结果略高于中国肉鸭饲养标准（2012）给出的肉蛋兼用型种鸭产蛋中期苏氨酸需要量（0.60%）。

4 结 论

本试验条件下，饲粮中适宜水平的苏氨酸能够降低料蛋比、提高蛋品质和蛋白质利用率。以料蛋比和血清尿素氮含量为衡量指标，推荐产蛋高峰期（30~38 周龄）临武鸭饲粮中苏氨酸水平为 0.67%~0.69%。

参考文献：

[1] ZHANG Q,XU L,DOSTER A,et al.Dietary threonine requirement of Pekin ducks from 15 to 35 days of age based on performance,yield,serum natural antibodies,and intestinal mucin secretion[J].Poultry Science,2014,93(8):1972–1980.

[2] 国春艳,许宗运,刁其玉.苏氨酸的营养免疫作用及畜禽对其需要量的研究[J].饲料工业,2006,27(14):46–48.

[3] 王勇生,侯水生,刘福柱,等.0~3 周龄北京鸭氨基酸理想模式的研究[J].畜牧兽医学

报,2005,36(3):230–234.

[4] NIEMEYER P R.The impact of supplemental L-threonine in laying hen diets on egg component yield,composition,and functionality[D].Ph.D.Thesis.Texas:Texas A & M University,2005.

[5] 刘国花,邹晓庭,谢正军,等.低蛋白饲粮添加苏氨酸对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].中国家禽,2012,34(9):33–36.

[6] 中华人民共和国农业部.NY/T 2122–2012 肉鸭饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2012.

[7] 湖南省技术质量监督局.DB43/T 898–2014 临武鸭营养需要[S].长沙:[s.n.],2014.

[8] 田冬冬,时洪勋,田军辉,等.商品蛋鸡低能量日粮苏氨酸适宜需要量研究[J].中国家禽,2012,34(15):16–20.

[9] 周彦文.合浦鹅赖氨酸、蛋氨酸和苏氨酸适宜需要量的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2008.

[10] MARTÍNEZ-AMEZCUA C,LAPARRA-VEGA J L,AVILA-GONZALEZ E,et al.Dietary L-threonine responses in laying hens[J].The Journal of Applied Poultry Research,1999,8(2):236–241.

[11] 姜宁,杨海明,王志跃.日粮苏氨酸水平对0~8周龄鹅生长性能及屠宰性能的影响[J].安徽农业科学,2009,37(12):5512–5514.

[12] YAMAZAKI M,OHGUCHI H,MURAKAMI H,et al.Available threonine requirement of laying hens[J].Japanese Poultry Science (Japan),1997, 34(1): 52–57.

[13] 黄璇,李闯,何平,等.临武鸭产蛋高峰期蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(4):1110–1116.

[14] 曲亮,徐小林,王克华,等.辣椒粉对苏禽绿壳蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血清脂质和蛋黄胆

固醇含量的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1340–1346.

[15] OKAZAKI Y,FUKASAWA A,ADACHI S,et al.Amino acid requirements and timing for shift of diets for effective phase feeding of laying hens[J].Japanese Poultry Science,1994,31(1):28–37.

[16] 宋华慧,袁超,张晓昀,等.新杨绿壳蛋鸡蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2014,26(9):2574–2581.

[17] 李俊明,贺强,袁超,等.苏氨酸的营养生理功能及其在畜禽日粮中的应用[J].中国饲料,2014,19(11):35–38.

[18] 姜宁.日粮苏氨酸水平对0~8周龄鹅生长性能、免疫性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2009.

[19] 王红梅,刘国华,陈玉林,等.日粮苏氨酸水平对0~3周龄肉仔鸡生长性能、血清生化指标及免疫机能的影响[J].中国家禽,2005,27(20):12–15.

[20] AZZAM M M M.日粮中添加苏氨酸对高温高湿环境下蛋鸡产蛋性能,免疫和肠道功能的影响[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2012.

[21] HUYGHEBAERT G,BUTLER E A.Optimum threonine requirement of laying hens[J].British Poultry Science,1991,32(3):575–582.

[22] ISHIBASHI T,OGAWA Y,ITOH T,et al.Threonine requirements of laying hens[J].Poultry Science,1998,77(7):998–1002.

[23] MAQBOOL U.饲粮蛋白质和苏氨酸对北京鸭生产性能和屠宰性能的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

[24] 郭锋,张丽,侯水生,等.不同粗蛋白和苏氨酸水平对生长前期北京鸭羽毛发育的影响[J].畜牧兽医学报,2012,43(1):65–70.

[25] 张丽,侯水生,杨琳,等.1~14 日龄北京鸭苏氨酸需要量的研究[J].饲料工业,2010,31(18):44–46.

Threonine Requirement of *Linwu* Ducks in Peak Laying Period

HUANG Xuan[1,2] LI Chuang[1,2] JIANG Guitao[1,2,3] ZHANG Xu[1,2,3] HU Yan[1] WANG Xiangrong[1,2,3] DAI Qiuzhong[1,2,3*]

(1. *Department of Animal Nutrition and Feeding Technology, Hunan Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Changsha* 410131, *China*; 2. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety*, *Changsha* 410128, *China*; 3. *Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Science*, *Changsha* 410205, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary threonine (Thr) level on growth performances, egg quality and serum biochemical indices of *Linwu* ducks aged form 30 to 38 weeks, and to evaluate Thr requirement of *Linwu* ducks during the peak laying period. A total of 200 healthy *Linwu* ducks with nearly same body weight and laying rate （P>0.05） were randomly assigned to 5 groups with 5 replicates in each group and 8 ducks in each replicate. Ducks in the five groups were fed basal diets supplemented with 0.55%, 0.60%, 0.65%, 0.70% and 0.75% Thr, respectively. The experiment lasted for 63 days. The results showed as followed: 1) The feed to egg ratio in 0.65% Thr level group was significantly lower than that in 0.55% Thr level group (P<0.05). Dietary Thr level had no significant effects on average feed intake, laying rate, average egg weight and daily egg yield (P>0.05). 2) The albumen height and Haugh unit in 0.65%, 0.70% and 0.75% Thr level groups were significantly higher than those in 0.55% Thr level group (P<0.05). Dietary Thr level had no significant effects on egg shape index, eggshell

thickness, yolk color, percentage of yolk, percentage of eggshell and percentage of albumen (P>0.05). 3) The serum total protein content in 0.70% Thr level group was significantly higher than that in 0.55% Thr level group (P<0.05). The serum glutamic-pyruvic transaminase activity in 0.65% Thr level group was significantly higher than that in 0.55% Thr level group (P<0.05). The serum urea nitrogen content in 0.65%, 0.70% and 0.75% Thr groups was significantly lower than that in 0.55% and 0.60% Thr level groups (P<0.05). Dietary Thr level had no significant effects on albumin, total cholesterol, triglyceride, uric acid, creatinine contents and alkaline phosphatase, aspartate aminotransferase activities in serum (P>0.05). 4) There was a quadratic behavior for feed/egg and serum urea nitrogen content according to the Thr level in the diets, with the requirements for those parameters established at 0.67% and 0.69%, respectively. The results indicate that the optimal Thr level in diets can improve laying performance, egg quality and protein availability of *Linwu* ducks. Synthesize these indicators, the suitable dietary Thr level of *Linwu* ducks in peak laying period (30 to 38 weeks of aged) is 0.67% to 0.69%.

Key words: threonine; *Linwu* ducks; requirement; serum biochemical indices

i

*Corresponding author, professor, E-mail: daiqiuzhong@gmail.com
（责任编辑　武海龙）